

**Innovation in komplexen Systemen:
Wann zahlt es sich aus, Fehlschläge geduldig zu tolerieren?**

Dr. Oliver Baumann
Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Habilitand
Institut für Information, Organisation und Management
Munich School of Management
Ludwig-Maximilians-Universität München
Tel.: +49-(0)89-2180-2982
Fax.: +49-(0)89-2180-99-2982
E-Mail: baumann@lmu.de

**Innovation in komplexen Systemen:
Wann zahlt es sich aus, Fehlschläge geduldig zu tolerieren?**

Um komplexe Probleme zu lösen, müssen Unternehmen nach guten Lösungsalternativen suchen. Bei diesem Experimentierprozess lassen sich jedoch Misserfolge oft nicht vermeiden. Mithilfe eines Simulationsmodells untersucht der vorliegende Beitrag, wann es sich auszahlt, derartige Fehlschläge geduldig zu tolerieren.

1	Innovation in komplexen Systemen	3
2	Fehlschläge und Geduld in Innovationsprozessen	4
3	Simulationsmodell	6
4	Ergebnisse	8
5	Fazit	10
6	Anmerkungen	12

Zusammenfassung

Um komplexe Probleme zu lösen – etwa bei der Entwicklung von Produkten oder Geschäftsmodellen – müssen Unternehmen nach guten Lösungsalternativen suchen. Bei diesem Experimentierprozess lassen sich jedoch Misserfolge oft nicht vermeiden. Mithilfe eines Simulationsmodells untersucht der vorliegende Beitrag, wann es sich auszahlt, Fehlschläge geduldig zu tolerieren. Es zeigt sich, dass ein gesundes Mittelmaß an Geduld innovative Lösungen am besten befördert, weil es erlaubt, auf breiter Basis nach Lösungen zu suchen und zugleich die gewonnenen Erkenntnisse effektiv zu verwerten. Während Ungeduld dazu führt, dass nur wenige, naheliegende Ideen untersucht werden, um schnell eine ausreichende Lösung zu erzielen, hat ein zu hohes Maß an Geduld gleichermaßen unerwünschte Auswirkungen: Es bewirkt, dass Unternehmen zwar extrem experimentierfreudig werden, dies aber nicht mehr effektiv nutzen, sondern eher ziellos von einer Idee zur anderen springen.

Abstract

In order to solve complex problems such as, for instance, when designing products or business models, firms need to search for good candidate solutions. This experimentation process, however, entails a high risk of failure. Using a simulation model, this paper studies when patience, i.e., persistence despite failures, pays off. The results show that in order to boost innovation, a moderate level of patience proves most beneficial, as it helps balance broad search for solutions with the effective exploitation of the findings. Low levels of patience limit exploration and help quickly improve performance. High levels of patience, in contrast, can have unintended effects and even decrease performance despite further increasing the overall degree of search. This result arises as firms fail to confine the exploration that patience brings about and search rather erratically, “drifting” away from potentially good solutions.

1 Innovation in komplexen Systemen

Die Komplexität von Produkten und Unternehmen stellt eine zentrale Herausforderung für Innovationsvorhaben dar. Was aber genau macht ein System komplex? Folgt man Herbert Simon, dem amerikanischen Nobelpreisträger und einem der Väter der Komplexitätstheorie, so bestehen komplexe Systeme allgemein aus einer Vielzahl an Elementen, die auf nichttriviale Weise miteinander interagieren.¹ Diese Interdependenzen bewirken, dass die einzelnen Elemente des Systems zueinander passen und sinnvoll zusammenwirken müssen, damit das System insgesamt eine hohe Leistungsfähigkeit erzielen kann.

Aus dieser Perspektive wird klar, warum sich auch Unternehmen und Produkte als komplexe Systeme auffassen lassen. So müssen Manager eine Vielzahl an Entscheidungen über die jeweiligen Systemelemente treffen, also mit Blick auf die Aktivitäten der verschiedenen Unternehmensfunktionen oder hinsichtlich der Eigenschaften eines neuen Produktes. Diese Entscheidungen sind oftmals hoch interdependent. Wird beispielsweise die Produktvielfalt erhöht, so hängt der Nutzen dieser Entscheidung für das Gesamtunternehmen auch davon ab, ob das Produktionssystem entsprechend flexibel ist. Gleichmaßen lässt sich bei der Entwicklung eines neuen Motors der Spritverbrauch unter Umständen nur dann senken, wenn zugleich auch die Leistung gedrosselt oder zumindest nicht erhöht wird.

Die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems, also etwa die Effizienz eines Unternehmens oder der Leistungsgrad eines neuen Produktes, wird schließlich dadurch bestimmt, wie gut die vielen miteinander verflochtenen Einzelentscheidungen zueinander passen. Zahlreiche Arbeiten in der aktuellen Strategie- und Innovationsforschung betonen daher, nicht einzelne Entscheidungen zu optimieren, sondern den Fokus verstärkt auf das gesamte *Entscheidungssystem* zu legen, das einen hohen „fit“ aufweisen muss.²

Zugleich bedeutet dies: Innovationen in komplexen Systemen entstehen durch Änderung oder Rekombination der Systemelemente, also durch Schaffung neuer Entscheidungsbündel, die zu einer Verbesserung der Systemleistung führen.³ Berücksichtigt man jedoch die enorme Zahl an *möglichen* Kombinationen der Systemelemente (z.B. der verschiedenen Aktivitäten eines Unternehmens), so wird klar, dass es bei der Frage, wie sich verbesserte Entscheidungsbündel bestimmen lassen, also wie man letztlich zu Innovationen gelangt, um ein fundamentales Problem handelt.

Wie lösen Manager derartige Probleme? Aus Sicht der verhaltenswissenschaftlichen Theorie⁴, die ebenfalls von Herbert Simon mitbegründet wurde, aber auch der kognitionspsychologischen Forschung⁵, lassen sich *Problemlöseprozesse* als *iterative Suchprozesse* konzipieren. Diese Sichtweise ersetzt das Ideal des vollständig rationalen homo oeconomicus in den Wirtschaftswissenschaften durch Akteure mit begrenzter Rationalität. Anstatt optimale Lösungen zu „berechnen“, müssen Entscheidungsträger nach „guten“ Lösungen suchen. Indem sie gewissen (impliziten) Verhaltensheuristiken folgen – etwa der lokalen Suche, bei der nur wenige Systemelemente variiert werden (z.B. die Verwendung eines anderen Schmierstoffes bei der Motorentwicklung) – generieren sie neue Lösungsalternativen, die in einer veränderten Systemperformance resultieren. Schritt für Schritt werden dabei weniger gute Alternativen verworfen und bessere Lösungen übernommen, von denen ausgehend dann nach weiteren Verbesserungen gesucht wird.

2 Fehlschläge und Geduld in Innovationsprozessen

Bei der Suche in neuartigen Problemfeldern, etwa bei der Entwicklung von Produkten oder neuen Geschäftsmodellen, kommt jedoch erschwerend hinzu, dass sich neue Lösungsalternativen häufig nur dadurch bewerten lassen, dass man sie ausprobiert. So ist es oft nur eine Vermutung, die einen Entwicklungsingenieur dazu bewegt, eine bestimmte Designentscheidung in Erwägung zu ziehen. Erst ein oder mehrere Experimente zeigen ihm schließlich, ob die Entscheidung (z.B.

die Verwendung eines anderen Schmierstoffes) sinnvoll war und zu einer Verbesserung der Produktleistung führt oder nicht. Auf ähnliche Weise lassen sich die Auswirkungen, die Änderungen an Geschäftsmodellen („wie reagieren unsere Kunden, wenn wir keinen telefonischen Support mehr anbieten?“) mit sich bringen, häufig nur dann exakt bewerten, nachdem man die Änderung durchgeführt hat.

Aufgrund dieser Unsicherheit, und weil in komplexen Zusammenhängen selbst kleine Änderungen die Performance des Gesamtsystems stark verändern können, lassen sich bei dieser Art von Experimentierprozessen Misserfolge in der Regel nicht vermeiden. Intuitiv ließe sich daher vermuten, dass es sich auszahlt, derartige Fehlschläge geduldig zu tolerieren und beharrlich weiterzusuchen. So experimentierte Thomas Edison etwa mit Tausenden von verschiedenen Designvarianten, bis er schließlich die erste praktisch brauchbare Glühlampe entwickelt hatte. Diesen aufwändigen Prozess kommentierte er mit den Worten: „Ich hatte keine Misserfolge. Ich habe mit Erfolg zehntausend Wege entdeckt, die zu keinem Ergebnis führten.“

Tatsächlich gibt es eine Reihe von Arbeiten, die sich (direkt oder indirekt) mit der Rolle von Geduld angesichts von Fehlschlägen in Experimentierprozessen beschäftigt haben.⁶ Dem Argument dieser Arbeiten, dass sich Geduld auszahlen kann, liegt dabei die Logik zugrunde, dass alle Experimente – selbst jene, die sich schließlich als Misserfolg herausstellen – auch immer Wissen schaffen, das vor den Experimenten noch nicht zur Verfügung stand. Fehlgeschlagene Experimente können außerdem als „Sprungbrett“ nützlich sein, wenn Unternehmen – basierend auf dem misslungenen Experiment – noch weitaus bessere Lösungsalternativen identifizieren, auf die sie ohne diesen Zwischenschritt nicht gekommen wären. Oftmals ist auch eine Vielzahl an (gescheiterten) Experimenten notwendig, bis ein Problembereich hinreichend gut durchdrungen ist, so dass ähnliche Problemstellungen in Zukunft ohne ein Experiment gelöst werden können. Und schließlich können Fehlschläge auch dazu dienen, die

Entscheidungsträger davon zu überzeugen, dass der aktuelle Lösungsweg ins Leere führt, und sie dazu bewegen, einen anderen Weg einzuschlagen.

3 Simulationsmodell

Im Folgenden werden die Ergebnisse einer aktuellen Simulationsstudie vorgestellt, die sich mit den oben diskutierten intuitiven Vermutungen beschäftigt.⁷ Simulationsmodelle erlauben es, in einer Art „virtuellen Labor“ komplexe Zusammenhänge auf allgemeine und systematische Weise zu untersuchen. Sie zwingen den Modellierer dazu, alle Annahmen explizit zu machen, und lassen sich auch in Situationen einsetzen, in denen formal-mathematische Ansätze nicht mehr lösbar sind. Und obwohl Simulationsansätze bei der Modellierung eines Problembereichs sehr viel Gestaltungsspielraum bieten, ist es dennoch meistens das Ziel, einfache Modelle zu entwickeln, die jedoch aufschlussreiche Einblicke in das Untersuchungsgebiet ermöglichen, also frei nach Albert Einstein vorzugehen: „So einfach wie möglich, aber nicht einfacher.“

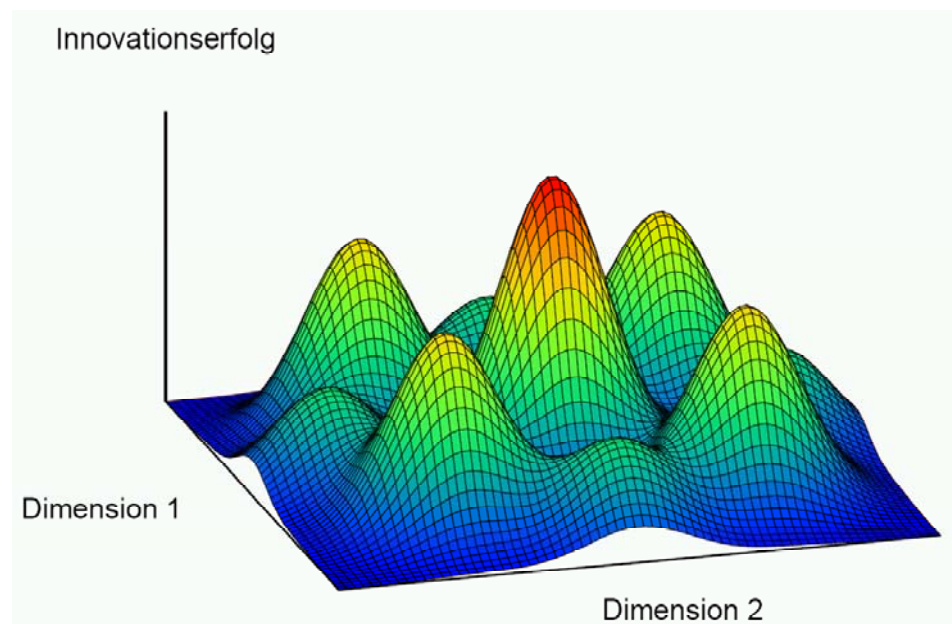
Im Rahmen der angesprochenen Studie wurde ein *Agenten-basiertes Simulationsmodell* entwickelt. Bei diesem Simulationstyp werden sogenannte „Agenten“ modelliert (hier: Unternehmen), die mit bestimmten Verhaltensheuristiken ausgestattet sind (hier: mit den Suchverfahren nach neuen Lösungsalternativen). Diese Agenten werden mit genau spezifizierten komplexen und neuartigen Problemen konfrontiert, auf die sie dann autonom reagieren. Das heißt, sie suchen gemäß den ihnen „einprogrammierten“ Verhaltensregeln nach möglichst guten Lösungen für diese Probleme. Indem man das Verhalten der Agenten und die Struktur der Probleme variiert und die sich ergebende Systemperformance über die Zeit verfolgt, lassen sich dann die Zusammenhänge zwischen den modellierten Variablen systematisch untersuchen.

Konkret versuchen die Unternehmen in dem Modell, eine Vielzahl an interdependenten Entscheidungen, die das System (z.B. ein Unternehmen oder ein Produkt) ausmachen, so aufzulösen, dass damit eine hohe Systemleistung erzielt wird. Indem sie einzelne Entscheidungen verändern, generieren sie neue Lösungsalternativen. In manchen Fällen können sie dabei die Leistung einer neuen Alternative gut einschätzen. In anderen Fällen müssen sie Alternativen erst umsetzen, um ihren Wert zu bestimmen. Aufgrund dieser Unsicherheit kann es daher zu Misserfolgen kommen. Mithilfe eines entsprechenden „Geduld-Parameters“ im Modell lässt sich dabei vorgeben, wie viele derartige Misserfolge ein Unternehmen zu tolerieren bereit ist. Ist diese Geduld abgelaufen, so gibt es den aktuellen Suchpfad auf und kehrt stattdessen zu einer bereits gefundenen, guten Lösung zurück, von der aus es weiter nach Verbesserungen sucht.

Bildlich lassen sich die modellierten Zusammenhänge und Prozesse anhand einer mehrdimensionalen sogenannten *Suchlandschaft* veranschaulichen. Dieses Konzept stammt ursprünglich aus der Evolutionsbiologie und wird seit einigen Jahren auch in der Managementforschung eingesetzt.⁸ Die einzelnen Entscheidungen, die getroffen werden müssen, stellen dabei jeweils eine der „horizontalen“ Dimensionen der Landschaft dar. Die „vertikale“ Achse der Landschaft entspricht dem Innovationsgrad (der Systemperformance), die sich aus jedem Entscheidungsbündel ergibt. Jeder Punkt auf der Landschaft entspricht also einer bestimmten Kombination, wie sich die Gesamtheit der Entscheidungen auflösen lässt. Insgesamt entspricht die Landschaft also dem Suchraum, in dem Unternehmen nach möglichst innovativen Lösungen oder, bildlich gesprochen, nach Gipfeln, suchen.

Abbildung 1 veranschaulicht das Konzept der Suchlandschaften für den einfachen Fall, dass nur zwei Dimensionen zu berücksichtigen sind. (In der Realität müssen Unternehmen dagegen eher hunderte oder tausende relevante Dimensionen beachten.)

Abbildung 1: Suchlandschaft eines komplexen Systems mit zwei Dimensionen



Anhand der Abbildung lassen sich einige typische Besonderheiten von Innovationsprozessen in komplexen Systemen veranschaulichen. Je stärker die Systemelemente miteinander interagieren, desto zerklüfteter wird die Landschaft und desto mehr lokale Optima (Gipfel) existieren – Entscheidungsbündel, deren Entscheidungen gut zueinander passen, die aber nicht das globale Optimum darstellen. Weil Entscheidungsträger begrenzt rational sind, können sie die Landschaft nicht überblicken. Stattdessen müssen sie sich auf die Suche nach den Gipfeln begeben und sich dabei quasi wie im Nebel Schritt für Schritt nach oben tasten. Dabei ist leicht ersichtlich: Je zerklüfteter (komplexer) die Landschaft ist, desto größer ist die Gefahr, nur einen weniger hohen Gipfel zu erreichen, und desto höher ist auch das Risiko, durch ein kleines, lokales Experiment in eine „Schlucht“ zu stürzen, also einen Misserfolg zu erleiden.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der verschiedenen Simulationsexperimente bestätigen eine Reihe von Vermutungen, liefern aber auch überraschende Erkenntnisse. So zeigt sich, dass ein gesundes Mittelmaß an Geduld

innovative Lösungen am besten befördert, weil es Unternehmen auf breiter Basis nach Lösungen suchen und zugleich die gewonnenen Erkenntnisse effektiv verwerten lässt. Dieser Effekt ist umso ausgeprägter, je neuartiger und komplexer die Umwelt ist, der sich ein Unternehmen gegenüber sieht. Ein zu hohes Maß an Geduld kann dagegen unerwünschte Auswirkungen haben und im Endeffekt in weniger guten Lösungen resultieren, obwohl es dazu führt, dass Unternehmen noch ausgiebiger nach Lösungen suchen. Der Grund liegt darin, dass Unternehmen dann zwar extrem experimentierfreudig werden, dies aber nicht mehr effektiv nutzen, sondern eher ziellos von einer Idee zur anderen springen. Desweiteren zeigen die Ergebnisse auch deutlich, dass es Zeit braucht, die Innovationsvorteile, die ein höheres Maß an Geduld mit sich bringt, nutzbar zu machen. Steht dagegen nur wenig Zeit zur Verfügung, so ist es insgesamt angebrachter, eher ungeduldig zu sein, was dazu führt, dass nur wenige Ideen untersucht werden, aber schnell eine ausreichende Lösung erzielt wird.

Insgesamt weisen die Ergebnisse darauf hin, dass Geduld nötig ist, um trotz Rückschlägen beharrlich mit neuen, auch weniger naheliegenden Alternativen zu experimentieren. Ein geringes Maß an Geduld führt dagegen dazu, dass schneller aufgegeben wird und stattdessen nur lokale, naheliegende Alternativen untersucht werden. Die Ergebnisse zeigen darüber hinaus, dass Geduld nicht nur das *Ausmaß* der Suchbemühungen beeinflusst, sondern auch deren *Verwertung*, also ob die gesammelten Erkenntnisse letztendlich ein klares Bild des untersuchten Problembereichs ergeben und von dem suchenden Unternehmen sinnvoll genutzt werden können. Ein Übermaß an Geduld führt zwar zu enormen Experimentierbemühungen; diese zahlen sich jedoch nie aus, weil sich das Unternehmen nicht lange genug mit einem bestimmten Problembereich beschäftigt, sondern gewissermaßen immer wieder von einer Idee zur nächsten wandert.

Damit weisen die Ergebnisse auf einen wesentlichen Faktor für das Überleben und dauerhafte Wohlergehen von Unternehmen hin: Den

Zielkonflikt zwischen *Exploration* – der risikoreichen Suche nach besseren Alternativen, die langfristig relevant sein können – und *Exploitation* – der effizienten Nutzung der gegenwärtigen Situation.⁹ Um innovativ zu sein und langfristig zu überleben, müssen Unternehmen explorieren und kommen nicht umhin, dabei Fehlschläge in Kauf nehmen. Zugleich müssen sie aber auch sicherstellen, dass die Explorationsbemühungen beschränkt werden, da sie mit der ebenfalls notwendigen Exploitation um Ressourcen (Zeit, Mitarbeiter, finanzielle Mittel etc.) konkurrieren und ein zu viel an Exploration zwar kostspielig, aber wenig effektiv darin ist, Kompetenzen aufzubauen. Hier zeigt sich, dass ein gesundes Maß an Geduld hilfreich zu sein scheint, damit sich diese beiden konkurrierenden Kräfte die Waage halten.

5 Fazit

Die oben skizzierten Ergebnisse sind von eher abstrakter Natur. In der Praxis würde etwa schnell auch die Frage relevant werden, wodurch Geduld bestimmt wird. Zum einen mit Sicherheit durch die Persönlichkeit des Entscheidungsträgers. So wird Unternehmensgründern etwa ein höheres Maß an Optimismus und Selbstvertrauen und damit (implizit) auch an Frustrationstoleranz angesichts von Rückschlägen unterstellt. Ebenfalls relevant ist die Unterscheidung, in welchem Kontext experimentiert wird. Forschungs- und Entwicklungsingenieure haben etwa häufig mit Experimenten zu tun, die oft auch günstig durchzuführen bzw. zu revidieren sind (z.B. bei der Programmierung von Software). Für dieses Umfeld lässt sich aufgrund von Anekdoten vermuten, dass manchmal auch ein zu viel an Geduld vorhanden ist („einem Ingenieur muss man die Arbeit aus der Hand nehmen, sonst wird er nie fertig“).

In Unternehmen ist dagegen die Bedeutung von Experimenten in der Regel weniger anerkannt. Stattdessen herrscht meist ein hoher Druck, Fehler zu vermeiden, u.a., weil fehlgeschlagene Experimente (z.B. „Schaffung einer Welt AG“) oftmals nur schwer und auf kostspielige Weise rückgängig zu machen sind. Im organisatorischen Kontext wird

man daher eher auf zu wenig als auf zu viel Geduld treffen. Dennoch ist es manchmal notwendig, durch ein Tal zu gehen, also Rückschläge zu erdulden, um langfristig bessere Zeiten zu ermöglichen. Man denke nur an den aktuellen Restrukturierungs- und Weiterentwicklungsbedarf vieler Automobilhersteller. Ob in deren Fall aber etwa die relevanten Stakeholder (Märkte, Politik, etc.) die Geduld haben werden, über einen längeren Zeitraum hinweg die Rückschläge, die dabei sicherlich auftreten werden, zu erdulden, erscheint eher unwahrscheinlich.

Die praktische Bedeutung der vorliegenden Studie ist somit generell darin zu sehen, dass sie den Wert von Experimenten und insbesondere auch von Fehlschlägen betont. Und während man aus dem Simulationsmodell keine exakten Verhaltensvorschriften ableiten kann, lassen sich die erkannten prinzipiellen Zusammenhänge dennoch nutzen. So können Manager die groben Rahmenbedingungen des Innovationskontextes (Komplexität und Neuartigkeit des Problemfelds, Zeithorizont) mit Sicherheit gut abschätzen. Ist etwa der Zeithorizont entsprechend großzügig, so lohnt es sich umso mehr, eine gewisse Zahl an Misserfolgen zu tolerieren. Oder anders herum: Wer große Innovationen sucht, braucht ein gesundes Maß an Geduld sowie einen langen Atem.

Dass in Innovationsprozessen, gerade in komplexen Systemen, Geduld trotz Rückschlägen hilfreich ist, ist tendenziell intuitiv. So wird bereits Rousseau mit dem Gedanken zitiert: „Geduld ist bitter, aber ihre Frucht schmeckt süß“. Andererseits jedoch, so das Ergebnis dieses Beitrags, sollte man es mit der Geduld aber auch nicht übertreiben, wenn man überhaupt eine Frucht zu fassen bekommen möchte.

6 Anmerkungen

- ¹ Simon, H. A.: The architecture of complexity. In: Proceedings of the American Philosophical Society, 106, 1962, 6, 467-482. Simon, H. A.: The Sciences of the Artificial, Cambridge, MA: MIT Press, 1969.
- ² Porter, M. E.: What is strategy? In: Harvard Business Review, 74, 1996, 6, 61-78. Porter, M. E. / Siggelkow, N.: Contextual interactions within activity systems and sustainability of competitive advantage. In: Academy of Management Perspectives, 22, 2008, 2, 34-56. Siggelkow, N.: Evolution toward fit. In: Administrative Science Quarterly, 47, 2002, 2, 125-159.
- ³ Schumpeter, J. A.: The Theory of Economic Development, New York, NY: Harper and Row, 1934. Nelson, R. R. / Winter, S. G.: An Evolutionary Theory of Economic Change, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982. Fleming, L. / Sorenson, O.: Navigating the technology landscape of innovation. In: MIT Sloan Management Review, 44, 2003, 2, 15-23.
- ⁴ March, J. G. / Simon, H. A.: Organizations, New York: Wiley, 1958. Cyert, R. M. / March, J. G.: A Behavioral Theory of the Firm, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1963.
- ⁵ Newell, A. / Simon, H. A.: Human Problem Solving, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1972. Dörner, D.: Die Logik des Mißlingens: Strategisches Denken in komplexen Situationen, Reinbek: Rowohlt, 1997. Gigerenzer, G.; Todd, P. M.; the ABC Research Group: Simple Heuristics That Make Us Smart, New York: Oxford University Press, 1999.
- ⁶ Vincenti, W.: What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History, Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1990. Thomke, S.: Experimentation Matters: Unlocking the Potential of New Technologies for Innovation, Boston: Harvard Business School Press, 2003. Cannon, M. D. / Edmondson, A. C.: Failing to Learn and Learning to Fail (Intelligently): How Great Organizations Put Failure to Work to Innovate and Improve In: Long Range Planning, 38, 2005, 3, 299-319.
- ⁷ Baumann, O.: Search, failure, and the value of moderate patience. In: Schmalenbach Business Review, forthcoming.
- ⁸ Kauffman, S. A.: Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution, New York: Oxford University Press, 1993. Kauffman, S. A.: At Home in the Universe: The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity, New York: Oxford University Press, 1995. Levinthal, D. A.: Adaptation on rugged landscapes. In: Management Science, 43, 1997, 7, 934-950.
- ⁹ March, J. G.: Exploration and exploitation in organizational learning. In: Organization Science, 2, 1991, 1, 71-87.